

近傍界無線電力伝送の高効率化に関する研究

著者	丸山 駿
雑誌名	東北大学電通談話会記録
巻	86
号	1
ページ	134-135
発行年	2017-08
URL	http://hdl.handle.net/10097/00121398

修士学位論文要約（平成29年 3月）

近傍界無線電力伝送の高効率化に関する研究

丸山 駿

指導教員：陳 強

Research on Efficiency Improvement of Near Field Wireless Power Transfer

Shun MARUYAMA

Supervisor: Qiang CHEN

In order to realize high power transmission efficiency of wireless power transfer (WPT) system, mutual coupling between transmitting/receiving antennas and impedance matching are two important factors. However, in practical applications, it is difficult to keep a strong mutual coupling and good impedance matching condition because they are sensitive to the relative position of the transmitting/receiving antennas. Therefore, a robust WPT system is desired, which avoids the degradation of power transmission efficiency even when the misalignment of transmitting/receiving antenna is occurred. In this paper, a novel near field WPT system using reconfigurable antenna is proposed. The reconfigurable antenna is composed of dipole type element and parasitic elements with switches. Because it can compensate the mutual coupling and impedance change adaptively, a high power transmission efficiency can be achieved. Results of numerical simulation and experiment demonstrates the effectiveness of the proposed WPT system.

1. はじめに

近傍界電磁界結合を利用した、近傍界無線電力伝送技術は、極めて高効率な電力伝送を行うことができるが、そのためには送受信アンテナ間の相互結合が強く、かつ良好なインピーダンス整合状態を維持している必要がある¹⁾²⁾。これらは送受信アンテナの位置関係によって大きく変化するため、この要件は特定の位置に送受信アンテナを固定することを意味する。しかしながら、実際のアプリケーションでは、正確な位置にアンテナを配置することは難しく、電力伝送効率が低下する原因となっている。

そこで、本論文では、リコンフィギュラブルアンテナを用いた近傍界無線電力伝送システムを提案する。リコンフィギュラブルアンテナは、形状を電氣的・機械的に変化させることができるアンテナのこと³⁾で、システムの電磁界分布やインピーダンスを変化させることが可能である。送受信アンテナが位置ずれした際、電磁界分布やインピーダンスを適応的に変化させることで、送受信アンテナ間の相互結合の低下及びインピーダンスの不整合損失を低減し、電力伝送効率を改善する。

2. 提案システムの数値解析

図1に提案システムの構造を示す。メアンダライン構造の送信アンテナと受信アンテナが対面しており、送信アンテナ近傍に9個の無給電素子が配置されている。無給電素子の終端条件はスイッチによって"開放"もしくは"短絡"に切り換えることができると仮定し、送信アンテナと無給電素子群を併せてリコンフィギュア

ルアンテナとして捉えている。

一例として、受信アンテナがy軸方向に位置ずれした場合の電力伝送効率の数値解析結果を図2に示す。ここで、 η_1 は理想的な効率、 η_2 は適応的に無給電素子の終端条件をスイッチングした効率(提案手法)、 η_3 はスイッチングを行わなかった効率を示している。 η_3 から η_2 への変化幅が、本提案手法の電力伝送効率改善効果を示しており、図2では最大で約46%の改善効果が見られた。しかしながら、位置ずれが大きい領域では効果が減少したため、論文本体では、送受信アンテナ双方がリコンフィギュラブルなモデルを提案した。

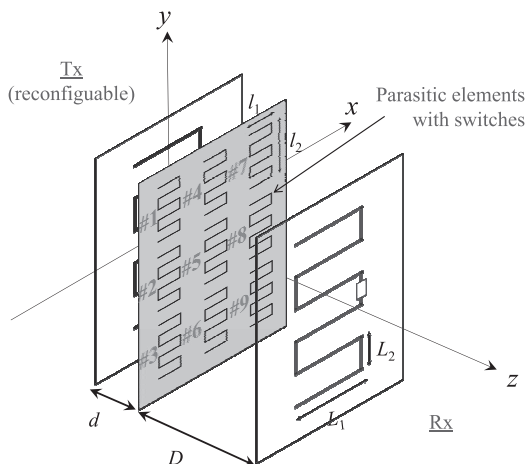


図1 提案システムモデル。

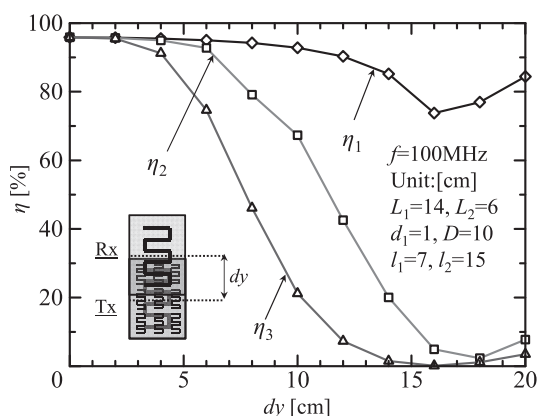


図2 数値解析結果.

3. 提案システムの実験的検討

図1で示した提案システムモデルの試作品を図3に示す。送受信アンテナは銅線、無給電素子は導電性シートを用いて作成した。また、無給電素子の終端条件のスイッチングは、PIN ダイオードにバイアス電圧をかけるか否かで電子的に切換えを行うことで実現した。なお、図中のNI USB-6216は、マルチポートへ電圧を出力することができ、かつそれを高速に切換えることができる装置である。測定装置は4ポートネットワークアナライザN5224Aを使用し、Sパラメータを測定した上で、電力伝送効率を計算した。

数値解析と同様に、受信アンテナがy軸方向に位置ずれしたときの実験結果を図4に示す。評価指標も同様なものを用い、電力伝送効率改善効果は、最大で約11%だった。数値解析とはモデルの大きさや使用周波数が異なるため、一概に言うことはできないが、無給電素子の終端条件をスイッチングすることによって、電力伝送効率が改善することを確認した。

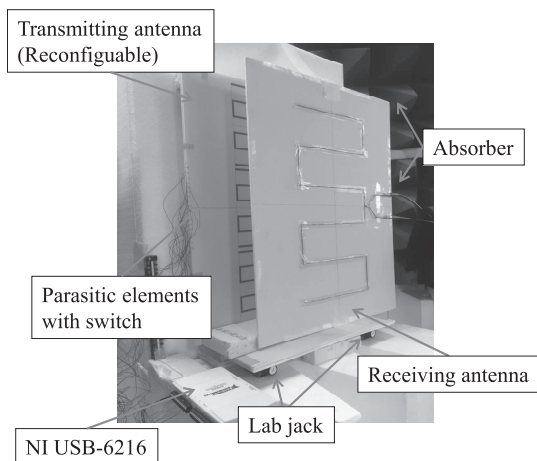


図3 提案システムの概観図.

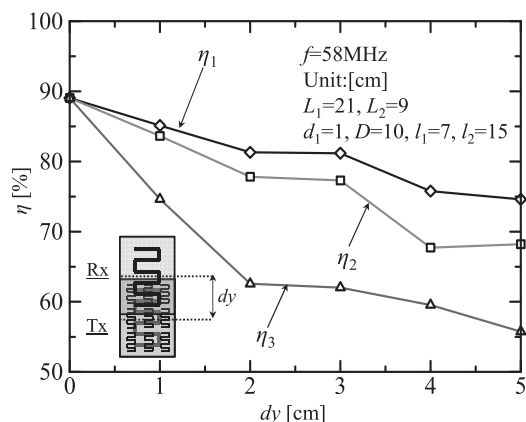


図4 実験結果.

4. まとめ

本論文では、送受信アンテナが位置ずれした際に電力伝送効率が低下する問題に対して、リコンフィギュラブルアンテナを用いた近傍界無線電力伝送システムを提案し、その有効性を検討した。リコンフィギュラブルアンテナは、送信アンテナと無給電素子群から構成されており、無給電素子の終端条件を適応的に切換えることで、電磁界分布、及びインピーダンスの整合状態を変化させることができた。以上のような特徴を持つ提案システムを数値解析、及び実験によって検討したところ、送受信アンテナ間の相互結合の低下、及びインピーダンスの不整合損失を低減することができ、送受信アンテナが位置ずれした際にも電力伝送効率を向上できることが明らかになった。

文献

- 1) Q. Chen, K. Ozawa, Q. Yuan, and K. Sawaya, "Antenna Characterization for Wireless Power Transmission System Using Near-Field Coupling," IEEE Antennas and Propagation Magazine, vol.54, no. 4, pp. 108-116, Aug. 2012.
- 2) 居村岳広, 岡部浩之, 内田利之, 堀洋一, "共振時の電磁界結合を利用した位置ずれに強いワイヤレス電力伝送," 電学論D, vol. 130, No. 1, pp. 76-83, Jan. 2010.
- 3) C. Christodoulou, Y. Tawk, S. Lane, and S. Erwin, "Reconfigurable Antennas for Wireless and Space Applications," Proceedings of the IEEE, vol. 100, no. 7, pp. 2250-2261, July 2012.